

# MUNITIERESTEN IN DE WADDENZEE

- Chemische belasting door militaire schietactiviteiten -

A. de Gee  
J.H. van Meerendonk  
N. Dankers



Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN),  
afdeling Estuariene Ecologie, Texel



Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren  
(RWS, DGW, Haren)

# MUNITIERESTEN IN DE WADDENZEE

- Chemische belasting door militaire schietactiviteiten -

A. de Gee  
J.H. van Meerendonk  
N. Dankers

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Defensie.

Foto omslag: Roel van Beek (IBN Wageningen)  
Lay-out: Yvonne Hellegering (IBN Wageningen)  
Drukwerk: Kees Joghems (IBN Wageningen)

544034

IBN - DLO  
Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek  
Postbus 167  
1790 AD DEN BURG - TEXEL

IBN - DLO  
Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek  
Bibliotheek  
Postbus 9201  
6800 HB ARNHEM



Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN),  
afdeling Estuariene Ecologie, Texel



Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren  
(RWS, DGW, Haren)

## VOORWOORD

De studie 'Munitieresten in de Waddenzee; chemische belasting door militaire schietactiviteiten' werd uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Defensie. Aanleiding tot deze studie was de toezegging in de recent verschenen Defensienota dat Defensie in samenwerking met andere departementen een onderzoek zal laten verrichten naar de effecten van munitieresten op natuur en milieu in de Waddenzee.

Aan het onderzoek is meegewerkt door:

Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij:

- Instituut voor Bos en Natuuronderzoek (IBN), Texel,
- Directie Natuur, Bos, Landschap en Fauna (NBLF), Leeuwarden,

Ministerie van Verkeer en Waterstaat:

- Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren (RWS, DGW), Haren Ministerie van Defensie:
- Dienst Gebouwen, Werken en Terreinen (DGW&T), 's-Gravenhage, Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO):
- Prins Maurits Laboratorium (PML), TNO, Rijswijk,
- TNO, Delft

Voor deze studie werd een begeleidingsgroep ingesteld met als leden:

- N. Dankers (IBN),
- A. de Gee (IBN),
- J.H. van Meerendonk (RWS, DGW),
- J. de Vlas (NBLF),
- T. Zwart (MvD, DGW&T, voorzitter).

## INHOUD

SAMENVATTING	7
1. INLEIDING	9
2. CHEMISCHE BELASTING DOOR MILITAIRE SCHIETACTIVITEITEN	11
2.1. Militaire activiteiten m.b.t. effecten op het ecosysteem	11
2.2. De literatuur	11
2.3. De verschoten munitie	12
2.4. Effecten van munitieresten	15
3. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	17
LITERATUUR	19
BIJLAGEN	21
BIJLAGE I. (de in de Waddenzee verschoten munitie, materieelsamenstelling e.d. zoals door Defensie is opgegeven)	23
BIJLAGE II. (berekeningen betreffende verbrandingsproducten van lichtspoor-munitie door het Prins Maurits Laboratorium (TNO)	28
BIJLAGE III. (Experiment van munitieresten in zeewater door Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren,	30

## SAMENVATTING

Er is tot op heden zowel in de nationale als internationale literatuur weinig gepubliceerd over effecten van munitieresten op het mariene milieu. In Nederland hebben o.a. Boelens (1989), Bergman e.a. (1991) en de FWVO-werkgroep Militaire schietactiviteiten en water(bodem)verontreiniging (Functionele Werkgroep Verontreiniging Oppervlaktewateren) van Rijkswaterstaat zich met deze materie beziggehouden. De verschenen rapporten en publicaties zijn gebaseerd op literatuuronderzoek en door het Ministerie van Defensie verstrekte gegevens over schietactiviteiten en munitie. Boelens (1989) geeft voornamelijk een kwalitatief overzicht van stoffen aanwezig in gangbare munitiesoorten en -onderdelen. Bergman e.a. (1991) geven o.a. een schatting van stoffen, die vrijkomen op de schietterreinen Vliehors (Vlieland) en Noordvaarder (Terschelling) gebaseerd op Rijkswaterstaatgegevens (De Rijk, 1989).

De FWVO-werkgroep, in 1988 ingesteld met als taak het beoordelen van de milieuhygiënische effecten van militaire schietactiviteiten nabij of boven oppervlaktewater, concludeert in 1991 dat bij schietactiviteiten verontreinigende en schadelijke stoffen in het oppervlaktewater kunnen komen en er redelijkerwijs een milieu-effect is te verwachten. Om de schietactiviteiten boven IJsselmeer en Waddenzee te reguleren adviseert zij om de WVO-vergunningen-plicht (Wet Verontreiniging Oppervlaktewater) te hanteren. Het Ministerie van Defensie maakte in haar milieubeheersplan van september 1989 bekend een onderzoek naar milieu-effecten van schietactiviteiten te gaan doen. De FWVO is van mening dat de procedure voor vergunningverlening vooralsnog geen hoge prioriteit heeft mede omdat schietactiviteiten nog niet WVO plichtig zijn.

Bij een inventariserend onderzoek naar het voorkomen van zware metalen in oppervlaktensedimenten van het Deense waddengebied vindt Madsen (1991) relatief hoge concentraties dicht bij een militair schietgebied op het eiland Rømø. De hypothese dat deze hoge concentraties veroorzaakt zijn door militaire activiteiten moet nog nader onderzocht worden. Ashwood & Olsen (1988) treffen bij Pearl Harbor een zich in de bodem op ongeveer 1 meter diepte bevindende laag van ongeveer 4 cm dikte met zeer hoge concentraties zware metalen. Zij maken aannemelijk dat het bombardement in 1941 hiervan de oorzaak moet zijn geweest.

Het hier gerapporteerde onderzoek omvatte zowel een literatuuronderzoek als een experimenteel onderzoek naar het uitloggen van munitieresten in zeewater. Samenvattend kan uit het literatuuronderzoek geconcludeerd worden dat de studies voornamelijk overzichten van (geschatte hoeveelheden van) geëmitteerde stoffen omvatten en dat de (te verwachten) milieu-effecten van munitieresten op mariene ecosystemen nog niet eerder onderzocht zijn.

Bijlage I geeft de in het kader van deze studie door Defensie opgegeven hoeveelheden verschoten munitie met eventueel lichtspoor- en ontsteeksassen, materieelsamenstelling e.d. In Bijlage II is door het Prins Maurits Laboratorium (TNO, PML) getracht de verbrandingsproducten van de lichtspoormunitie te berekenen.

Om na te gaan of/en in welke mate munitieresten van invloed zijn op het mariene milieu zijn niet alleen de hoeveelheden van die stoffen in relatie tot de totale belasting van belang. Wanneer deze hoeveelheden een relatief klein gedeelte vertegenwoordigen van de totale hoeveelheid milieubelastende stoffen, die uit andere bronnen in de Wad-

denzee worden geloosd, kunnen ze plaatselijk toch van grote invloed zijn op ecosystemen. Voor het beantwoorden van de vraagstelling van dit onderzoek, te weten: - wat komt van de munitie vrij in het mariene milieu en - als er bepaalde stoffen vrijkomen, wat zijn daarvan de gevolgen voor dit milieu, is het van belang om de concentraties van deze vrijkomende stoffen in water en bodem op lokaal niveau te weten voordat, zinvol naar eventuele effecten op mariene organismen gekeken kan worden.

Als eerste aanzet is bij de Dienst Getijdewateren (DGW, Haren) een experiment uitgevoerd om een beeld te krijgen van het vrijkomen van zware metalen uit munitieresten in zeewater. Uit dit experiment kan geconcludeerd worden dat de kans op beïnvloeding van de waterkwaliteit van de Waddenzee door de vrijkomende metalen uit munitieresten verwaarloosbaar klein is, als rekening gehouden wordt met verdunning, verversingstijd en huidige achtergrond-concentraties in de Waddenzee. Analyses van watermonsters in de betreffende gebieden (doelgebieden, onveilige zones) zouden deze conclusie verder moeten onderbouwen. In Bijlage III zijn de resultaten van dit experiment weergegeven.

Om een indruk te krijgen wat er gebeurt met de verschoten munitie is getracht om een meer gedetailleerd beeld te krijgen over 'de levensloop' van de munitiesoort 7.62 mm (mitrailleur patronen). Hiertoe is een bezoek gebracht aan het Cavalerie Schietkamp (CSK, doelgebied 150 ha, onveilige zone Waddenzee 10.500 ha) van de Koninklijke Landmacht op Vlieland. Het bleek dat zeer weinig van de juist daarvoor verschoten 7.62 mm patronen was terug te vinden. Wanneer de patronen de doelen raken spatten ze in zeer kleine stukjes lood en koper uiteen. Deze stukjes metaal 'verdwijnen' in de zandbodem en komen evenals de 'missers' in het milieu terecht. Een berekening gemaakt over 10 jaar schietactiviteit met deze mitrailleurpatronen geeft voor dit gebied een lood - en koper belasting van respectievelijk 5,6 gram en 1,6 gram per m<sup>2</sup>. Een gedeelte van dit materiaal zal door oplossing en uitwisseling aan het omliggende milieu waarschijnlijk weer uit dit gebied verdwenen zijn.

Mede op grond van bovengenoemde ervaring kan verwacht worden dat de kwaliteit van de bodem op de betreffende locaties beïnvloed wordt door voortdurende belasting van zware metalen uit munitieresten. Aanbevolen wordt om steekproefsgewijs de metaalgehalten van het sediment ter plaatse en de aldaar levende bodemdieren te onderzoeken. Afhankelijk van de resultaten van dit onderzoek kan het gewenst zijn om:

- de mate van verontreiniging van het sediment met behulp van een uitgebreider monsterprogramma vast te stellen,
- na te gaan in welke mate de metalen voorkomen in bodemorganismen uit dit gebied,
- de diversiteit van bodemfauna in het betreffende gebied te onderzoeken,
- het effect van munitieresten op bodemdieren te onderzoeken (toxiciteitsexperiment) door wadbodems met geselecteerde organismen onder gecontroleerde omstandigheden (mesocosms) bloot te stellen aan munitieresten.

Omdat de verbrandingsproducten van lichtspoorruitie grotendeels als kleine vaste deeltjes vrijkomen is de kans groot dat ze uiteindelijk door wind of regen in de Waddenzee terecht zullen komen. De verbranding zal voor een deel onvolledig zijn, waardoor de samenstelling van deze verbrandingsproducten alleen experimenteel bepaald kan worden. Hierdoor kan momenteel geen uitspraak gedaan worden over eventuele milieu-effecten van deze stoffen. Verder onderzoek is daarom noodzakelijk, waarbij het zinvol lijkt om ook de emissies van andere stoffen zoals de resten en omzettingsproducten van explosieven en aandrijfstoffen te onderzoeken.

## 1. INLEIDING

Het ministerie van Defensie heeft in samenwerking met VROM in het Structuurschema Militaire Terreinen (SMT, 1980-1984) haar ruimtelijk beleid uiteengezet. In deel a (Beleidsvoornemens, 1980) wordt een onderscheid gemaakt tussen twee fasen te weten: projecten die voor of in 1995 gereed kunnen komen en de overige projecten met een looptijd tot ca. het jaar 2005. De delen b (Hoofddlijnen uit de Inspraak) en c (Advies, van de Raad van Advies voor de Ruimtelijke Ordening, RARO) verschenen in 1982. In 1984 kwam deel d (Regeringsbeslissing) uit en in 1985 is over het SMT de planologische kernbeslissing door de Tweede Kamer vastgesteld. Toegezegd werd dat de regering 5 jaar later een uitspraak zou doen over een eventuele verlenging van de geldigheidsduur of een herziening van het SMT. Op grond van de nadien gewijzigde wet RO is deze datum verschoven naar maart 1991, waarin de Defensienota 1991 getiteld 'Herstructureren en verkleining; De Nederlandse krijgsmacht in een veranderende wereld' aan de Tweede Kamer is aangeboden. Hierin kiest het ministerie van Defensie o.a. voor extensivering van bestaande en in het kader van het SMT geplande oefenterreinen en is zij voornemens om de milieubelasting van militaire activiteiten in 10 jaar met 25% te verminderen. Daartoe wordt een intern milieuzorgsysteem opgezet en worden voorzieningen getroffen om de milieuhinder te beperken. Het aantal schietterreinen zal niet worden verminderd.

Uit de Defensienota blijkt verder dat naast een verlenging van de geldigheidsduur van het SMT met één jaar, een Evaluatienota zal worden opgesteld, die voor begin 1992 zal worden gepubliceerd. In de Defensienota is toegezegd dat Defensie in samenwerking met andere departementen een onderzoek zal laten verrichten naar de effecten van munitieresten op natuur en milieu in de Waddenzee. Resultaten van dit onderzoek zullen van belang zijn voor de Evaluatienota (Defensie-nota, hftst. 10.5) De vraagstelling van het aan het Instituut voor Bos en Natuuronderzoek (IBN, afdeling Estuariene Ecologie, Texel; voorheen RIN) opgedragen onderzoek luidde:

- wat komt van de munitie vrij in het mariene milieu,
- als er bepaalde stoffen vrijkomen, wat zijn daarvan de gevolgen voor het mariene milieu.

Vanwege de beperkte tijd was het aanvankelijk de bedoeling om bovengenoemde vragen via een literatuurstudie en het consulteren van deskundigen te beantwoorden. Uit het raadplegen van literatuursystemen, zoals PUDOC (Wageningen) en het Wetenschappelijk en Technisch Documentatie- en Informatie-centrum voor de Krijgsmacht (TDCK), bleek tot op heden zowel in de nationale als internationale literatuur weinig gepubliceerd te zijn over effecten van munitieresten op ecosysteemttypen zoals de Waddenzee. Deze aanwijzing werd bevestigd door de geraadpleegde deskundigen. Om deze redenen besloot de begeleidingsgroep om aanvullend een kleinschalig experiment met munitieresten (metaalanalyse in zeewater) te laten uitvoeren. Verder is getracht om over de munitiesoort 7.62 mm (mitrailleurpatronen) een meer gedetailleerd beeld te krijgen over de verspreiding en hoeveelheden in een betreffend gebied.

De in het kader van deze studie door Defensie verstrekte gegevens over vershoten munitie met eventueel lichtspoor- en ontsteeksassen, materieel samenstelling e.d. zijn opgenomen in Bijlage I. Door het Prins Maurits Laboratorium (TNO, PML) is getracht

de verbrandingsproducten van lichtsporsassen te berekenen (Bijlage II). Bijlage III geeft de resultaten van het door de Dienst Getijdewateren (DGW, Haren) uitgevoerde experiment naar de oplosbaarheid van zware metalen in zeewater van twee soorten munitieresten.



## 2. CHEMISCHE BELASTING DOOR MILITAIRE SCHIET- ACTIVITEITEN

### 2.1. Militaire activiteiten m.b.t. effecten op het ecosysteem

Militaire activiteiten die effect hebben op een marien ecosysteem, zoals de Waddenzee, kunnen volgens Bergman e.a. (1991) samengevat worden in: schietoefeningen, vlieg-oefeningen, vernietiging van explosieven en scheepvaart.

De ecologische gevolgen van deze activiteiten zijn in twee componenten te onderscheiden te weten: chemische effecten en verstoringseffecten. Zowel nationaal als internationaal heeft hoofdzakelijk onderzoek plaatsgevonden naar verstoringseffecten. Zo hebben bijvoorbeeld Berg e.a., 1991; Dongen, 1991; Jansen, 1991; Platteeuw, 1986; Smit, 1986 en Wintermans, 1991 zich in het Waddengebied beziggehouden met verstoringseffecten veroorzaakt door militaire geluidsproductie (schiet- en vliegactiviteiten). De milieu-chemische effecten van militaire activiteiten worden veroorzaakt door:

- munitieresten (hoofdzakelijk bestaande uit metaalcomponenten),
- explosieven (bevatten o.a. nitrosaminen, dinitrobenzeen, nitrotoluenen en vaak een aantal zware metalen),
- aandrijfstoffen (voor o.a. raketten), rook- en lichtspoor (voor o.a. oefenbomen) en uitdrijflading (bij o.a. granaten),
- militaire scheep- en luchtvaart. Hierbij lijkt het moeilijk om onderscheid te maken tussen civiele en militaire activiteiten.

Dit onderzoek beperkt zich tot de milieu-chemische effecten van militaire schietactiviteiten met de volgende de vraagstelling:

- wat komt er van de munitie vrij in het marien milieu,
- als er bepaalde stoffen vrijkomen, wat zijn daarvan de gevolgen voor het marien milieu.

Het onderzoek gaat niet in op de civiele schietactiviteiten, aangezien deze van verwaarloosbare betekenis zijn voor de Waddenzee (van Bon & Boersema, 1988).

### 2.2. De literatuur

In zowel de nationale als internationale literatuur is weinig gepubliceerd over effecten van munitieresten op het mariene milieu. In Nederland hebben o.a. Boelens (1989), Bergman e.a. (1991) en de FWVO-werkgroep Militaire schietactiviteiten en water(bodem)verontreiniging (Functionele Werkgroep Verontreiniging Oppervlaktewateren) zich met deze materie beziggehouden. De verschenen rapporten en publicaties zijn gebaseerd op literatuuronderzoek en door het Ministerie van Defensie verstrekte gegevens over schietactiviteiten en munitie. Boelens (1989) geeft voornamelijk een kwalitatief overzicht van stoffen aanwezig in gangbare munitiesoorten en -onderdelen. Bergman e.a. (1991) geven o.a. een schatting van stoffen die vrijkomen op de schietterreinen Vliehors (Vlieland) en Noordvaarder (Terschelling), gebaseerd op Rijkswaterstaat-gegevens (de Rijk, 1989) te weten:

- ca. 100 ton staal per jaar. De samenstelling is niet bekend; RWS meent dat naast ijzer ook zware metalen en beryllium aanwezig zijn. Er wordt periodiek schroot verzameld met een door de uitvoerders geschat rendement van ongeveer 90%. Dit houdt in dat er per jaar dus meerdere tonnen staal achter-blijven. Hoeveel daarvan uiteindelijk in zee terecht komt is niet bekend.
- ca. 10 ton springstof wordt per jaar tot ontploffing gebracht, samenstelling onbekend. Bij aandrijfstoffen van oefenraketten en rook/lichtsignalen, die gebruikt worden bij oefenbommen, lijkt het vrijkomen van schadelijke resten en omzettingsproducten niet denkbeeldig.

De FWVO-werkgroep, in 1988 ingesteld met als taak het beoordelen van de milieu-hygiënische effecten van militaire schietactiviteiten nabij of boven oppervlaktewater, concludeert in 1991 dat de emissie van metalen (ijzer, zware metalen en beryllium) naar water(bodem) in een aantal schietgebieden aanzienlijk is. Verder stelt zij dat de mogelijke emissie van andere stoffen (o.a. resten en omzettingsproducten van explosieven en aandrijfstoffen) nader onderzocht dient te worden. Zij concludeert dat bij schietactiviteiten verontreinigende en schadelijke stoffen in het oppervlakte-water kunnen komen en er redelijkerwijs een milieu-effect is te verwachten. Om de schietactiviteiten boven IJsselmeer en Waddenzee te reguleren adviseert zij om de WVO-vergunningen-plicht (Wet Verontreiniging Oppervlaktewater) te hanteren. Mede omdat het Ministerie van Defensie in haar milieubeheersplan van september 1989 bekend maakte een onderzoek naar milieu-effecten van schietactiviteiten te gaan doen, is de FWVO van mening dat de procedure voor vergunningverlening in dit stadium geen hoge prioriteit heeft.

Madsen (1991) vindt bij een inventariserend onderzoek naar zware metalen in oppervlaktesediment van het Deense Waddengebied hoge gehalten dicht bij een militair schietterrein op het eiland Rømø. De gehalten kwik, lood, koper, zink en chroom zijn ongeveer tweemaal zo hoog als aangetroffen in de andere monsterpunten. De hypothese dat deze hoge gehalten veroorzaakt zijn door militaire activiteiten moet nog nader worden onderzocht. In een publicatie van Ashwood & Olsen (1988) wordt melding gemaakt van een zich in het sediment op ongeveer 1 meter diepte bevindende laag met zeer hoge gehalten zware metalen. Deze ongeveer 4 cm dikke laag is aangetroffen in de bodem van een smalle zeearm bij Pearl Harbor en de auteurs maken aannemelijk dat de oorzaak gezocht moet worden in het bombardement op de Amerikaanse vloot in 1941. De gehalten van chroom en koper zijn een factor 4 tot 6 maal hoger dan die van het boven en onderliggende sediment. Voor lood is dit een factor 100 ( $8,1 \text{ mg.cm}^{-2}$ ) en voor zink een factor 50. De onderzoekers concluderen o.a. dat de erfenis van deze vervuiling een bedreiging blijft vormen voor het hedendaagse milieu, wanneer door natuurlijke of antropogene gebeurtenissen deze vervuilde laag weer wordt geresuspendeerd.

### 2.3. De verschoten munitie

Bijlage I geeft de in het kader van deze studie door Defensie opgegeven hoeveelheden verschoten munitie met eventueel lichtspoor- en ontsteeksassen, materieelsamenstelling e.d. en een kaart waar zich de verschillende schietgebieden met bijbehorende onveilige zones in de Waddenzee bevinden. Ook wordt een schatting gegeven van munitieresten die in het wadden-milieu terecht komen (afzwaaiers, ricochets (ketsers), het

passeren van kogelvangers, het schieten op doelen die zich in de Waddenzee bevinden, etc.). Naast ijzer/staal komen in de munitieresten o.a. de volgende stoffen voor: lood, antimon, aluminium, magnesium, chroom, molybdeen, vanadium, zink, koper, strontium, nikkel, mangaan, silicium, koolstof, fosfor en zwavel. De lichtspoor- en ontsteeksassen bestaan uit: bariumperoxide, bariumnitraat, kalium perchloraat, strontiumnitraat, strontiumoxalaat, koolstof, hars, magnesium, PVC en was.

In Bijlage II is door het Prins Maurits Laboratorium (TNO, PML) getracht de verbrandingsproducten van de lichtspoorassen te berekenen. Omdat deze verbrandingsproducten grotendeels als kleine vaste deeltjes vrijkomen is de kans groot dat ze uiteindelijk door wind of regen in de Waddenzee terecht zullen komen. Bij de berekening is uitgegaan van een ideale verbranding. In de praktijk zal de verbranding voor een deel onvolledig zijn waardoor 'vreemde' producten zullen ontstaan (bijvoorbeeld koolwaterstoffen, HCl, NO<sub>x</sub>-en, CO metaal-hydroxides, etc). De samenstelling van deze verbrandingsproducten kan alleen experimenteel worden bepaald, waardoor momenteel geen uitspraak gedaan kan worden over eventuele milieu-effecten van deze stoffen.

Met de door Defensie geleverde informatie kan een ruwe schatting worden gemaakt van de hoeveelheid en samenstelling van de in 1990 door de Koninklijke landmacht en marine in de Waddenzee verschoten munitie. Het eventuele aandeel van de luchtmacht is buiten beschouwing gelaten, omdat gebruik gemaakt wordt van schietgebieden en onveilige zones, die zich uitstrekken over gedeelten van de waddeneilanden Vlieland en Terschelling en de Noordzee. Volgens Defensie zullen daarom zeer weinig munitieresten in de Waddenzee terecht komen.

In tabel 1 zijn de hoeveelheden metalen uit de in 1990 verschoten munitie, apart gegeven voor drie militaire oefenterreinen te weten: het Cavalerieschietkamp (CSK) op Vlieland, Marnewaard en Lutjeswaard, weergegeven. Tussen haakjes staan de hoeveelheden, die volgens Defensie in de Waddenzee terecht komen.

Om een beter inzicht te krijgen in munitieresten in het algemeen is een bezoek gebracht aan het Cavalerie Schietkamp (CSK, doelgebied 150 ha, onveilige zone Waddenzee 10.500 ha) van de Koninklijke landmacht. Verder is geprobeerd om over de munitiesoort 7.62 mm (mitrailleur patronen) een meer gedetailleerd beeld te krijgen over de verspreiding en hoeveelheden in een betreffend gebied.

Geschoten wordt met tankkanonnen (Leopard 1: 105 mm SH/T (brisant-oefengranaat) en 150 mm DS/T (super(oefen)granaat), Leopard 2: 120 mm MZ-ÜB (brisantanti-tankoefengranaat)) en coaxiale mitrailleurs (7.62 mm) op stilstaande en bewegende doelen. Het doelgebied ligt bezaaid met stukken schroot. De grote stukken munitieresten en ijzer (o.a. afkomstig van getroffen doelen) wordt zoveel mogelijk visueel verzameld door de landmacht. Het doelgebied wordt echter regelmatig overspoeld, waarna veel munitieresten 'verdwenen' zijn. Grote stukken schroot worden verder verzameld door een 'sloper' waarbij gebruik gemaakt kan worden van een magneet. Deze methode is niet geschikt voor kleinere stukken metaal (het blijkt dan niet rendabel), en voor niet magnetische metalen zoals koper en lood. Het schroot wordt verzameld in de buurt van het opstelpunt, waar op dit moment zo'n 200 ton ligt opgeslagen.

De commandant van het schietkamp heeft voorgesteld een machine aan te schaffen, die speciaal ontworpen is om metalen (munitie) uit de bodem te zeven (een zogenaamde 'schudmachine'). Verder heeft het CSK de beschikking over een rubberboot met een 10

Tabel 1. De in 1990 verschoten hoeveelheid metalen. Tussen haakjes de in de Waddenzee terechtgekomen hoeveelheden (Bron: Defensie, bijlage 1).

<u>CSK de Vliehors (Vlieland), onveilige zone: 10.500 ha</u>			
In 1990 verschoten munitie		samenstelling	
2240 kg	(448 kg)	lood	
640 kg	(128 kg)	koper	
24340,2 kg	(8113,4 kg)	staal en aluminium-magnesium legering	
5276,8 kg	(1055,4 kg)	chrom-molybdeen-kalium/vanadium verbindingen	
3957,6 kg	(791,5 kg)	aluminium-zink-magnesium-koper verbindingen	
<u>Marnewaard, onveilige zone: 1300 ha</u>			
1318,5 kg	( * )	lood	
376,7 kg	( * )	koper	
7438,6 kg	( * )	chromstaal en aluminium legering	
18579,5 kg	( * )	chromstaal en aluminium legering	
(*) Binnenkort wordt door FEL/TNO op verzoek van Defensie een afzwaaidetectie onderzoek gepleegd, waaruit aantallen, die op het wad terecht komen, gekwantificeerd kunnen worden.			
<u>Lutjeswaard, onveilige zone: 34.000 ha</u>			
- landmacht-deel			
5892,2 kg	(5892,2 kg)	chromstaal en aluminium legering	
1031,0 kg	(1031,0 kg)	staal	
- marine-deel			
944,3	(944,3 kg)	staal met spore-elementen	

pK motor om de ricochets en misgeschoten tankgranaten van het wad te halen. Nadat bleek dat de boot niet tegen stroom en wind in kon komen, is uit veiligheidsoverwegingen afgezien deze boot te gebruiken. Het CSK heeft verder geen mogelijkheden om de tankgranaten, die op het wad terecht komen, te bergen.

Met de mitrailleur wordt geschoten op doelen die zich op ongeveer 500 meter van het opstelpunt bevinden. De mitrailleur heeft een bereik van ca. 2 km. Gezien de positie van de doelen is het gebied waar de patronen terecht kunnen komen beperkt tot ca. 400 ha. Uit eigen waarneming (aangevuld met een bemonstering, later bevestigd door het CSK) bleek dat zeer weinig van de juist daarvoor verschoten 7.62 mm patronen was terug te vinden. Wanneer de patronen de doelen raken spatten ze in kleine stukken lood en koper uiteen. Deze stukjes metaal 'verdwijnen' in de zandbodem en komen dus evenals de 'missers' in het milieu terecht. Hieruit blijkt dat op dit militaire oefenterrein voor deze munitiesoort waarschijnlijk een grotere hoeveelheid munitieresten in de Waddenzee terecht komt dan door defensie is opgegeven (zie bijlage 1). Ook in de Marnewaard ko-

men munitieresten in de waddenzee terecht (Jansen, 1991). Om de aantallen, die in dit gedeelte van de Waddenzee terecht komen, te kwantificeren zal binnenkort een afzwaai-detectie onderzoek worden gepleegd door door FEL/TNO.

Een 7.62 mm patroon bestaat uit ongeveer 2 gram koper en 7 gram lood. Wanneer wordt uitgegaan van 10 jaar schietactiviteit (het CSK bestaat 35 jaar) en een jaarlijkse hoeveelheid munitieresten gebaseerd op de opgegeven hoeveelheden in 1990 (320.000 patronen), komt dit op 22400 kg lood en 6400 kg koper. Dit betekent voor dit gebied een lood - en koper belasting veroorzaakt door één soort munitie van respectievelijk 5,6 gram en 1,6 gram per m. Een gedeelte van dit materiaal zal waarschijnlijk door oplossing en uitwisseling aan het omliggende milieu weer uit dit gebied verdwenen zijn.

Voor wat betreft het Cavalerie Schietkamp op Vlieland kan nog worden opgemerkt dat in opdracht van het Ministerie van Defensie door Ecolyse Nederland (Anonymus, 1990b; -c; 1991a; -b; -c) een onderzoek heeft plaatsgevonden naar bodemverontreiniging op het terrein van het CSK. Er zijn o.a. bij een inslagplaats van mitrailleurgeschut grondmonsters genomen, waarin geen verontreiniging is gemeten hoewel de auteurs op grond van ervaringen elders dit wel hadden verwacht. Om deze reden adviseren zij een nader onderzoek in te stellen. Uit informatie bleek dat de verontreinigde locatie waarschijnlijk groter is.

## 2.4. Effecten van munitieresten

Om na te gaan of/en in welke mate munitieresten van invloed zijn op het mariene milieu, zijn niet alleen de hoeveelheden van de stoffen die in het milieu gebracht worden van belang.

Wanneer deze hoeveelheden een relatief klein gedeelte vertegenwoordigen van de totale hoeveelheid milieubelastende stoffen, die uit andere bronnen in de Waddenzee worden geloosd, kunnen ze plaatselijk toch van grote invloed zijn op ecosystemen. Ook volstaat het niet om bijvoorbeeld als maat voor de milieubelasting van munitieresten de totale hoeveelheid afgeschoten munitie te delen door het aantal  $m^{-2}$  onveilige zones in de Waddenzee (zie het voorbeeld van de 7.62 mm munitie in 3.3.). Het is noodzakelijk om de concentraties van deze stoffen in water en bodem op lokaal niveau te weten, voordat zinvol naar eventuele effecten op mariene organismen gekeken kan worden.

Als eerste aanzet is bij de Dienst Getijdewateren (DGW, Haren) van het ministerie van Verkeer en Waterstaat een experiment uitgevoerd om een beeld te krijgen van het vrijkomen van zware metalen uit munitieresten in zeewater. Hiertoe werden twee soorten munitieresten onderzocht (7.61 mm en 25 mm APDS/T). Niet beschikbaar waren 'schone' resten van 105 en 120 mm munitie, die wel in het Waddengebied worden vershoten. Het zeewater uit dit laboratoriumexperiment werd op een tiental zware metalen geanalyseerd met als resultaat dat koper, nikkel en in mindere mate lood in de waterfase waren vrijgekomen. Uit de resultaten van dit experiment kan geconcludeerd worden dat de kans op beïnvloeding van de waterkwaliteit van de Waddenzee door de vrijkomende metalen uit de onderzochte munitieresten verwaarloosbaar klein is, als rekening wordt gehouden met verdunning, verversingstijd (Anonymus, 1989) en huidige achtergrondconcentraties in de Waddenzee (Anonymus, 1990a; Berkel e.a., 1989; de Jonge & van Meerendonk, 1990). Analyses van watermonsters in de betreffende gebieden (doelgebie-

den, onveilige zones) zouden deze conclusie verder moeten onderbouwen. In Bijlage III zijn de resultaten van dit experiment weergegeven.

Mede op grond van de in dit onderzoek opgedane ervaring is te verwachten dat de kwaliteit van de bodem op de betreffende locaties beïnvloed wordt door voortdurende belasting van zware metalen uit munitieresten.

### 3. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat, zowel nationaal als internationaal, nog betrekkelijk weinig onderzoek naar de effecten van munitieresten op natuur en milieu is verricht. De studies omvatten voornamelijk overzichten van (geschatte hoeveelheden van) geëmitteerde stoffen. De (te verwachten) milieu-effecten zijn niet eerder onderzocht.

De kans dat de waterkwaliteit van de Waddenzee door vrijkomende metalen uit munitieresten wordt beïnvloed lijkt, gezien de resultaten van een door de Dienst Getijdewateren (DGW, Haren) van het ministerie van Verkeer en Waterstaat uitgevoerd experiment, verwaarloosbaar klein als rekening gehouden wordt met verdunning, verversingstijd en huidige achtergrondconcentraties in de Waddenzee. Analyses van watermonsters in de betreffende gebieden (doelgebieden, onveilige zones) zouden deze conclusie verder moeten verifiëren.

Verwacht wordt dat de kwaliteit van de bodem bij schiet-terreinen (doelgebieden, onveilige zones) beïnvloed wordt door voortdurende belasting van zware metalen uit munitieresten. Aanbevolen wordt dan ook om steekproefsgewijs de metaalgehalten van het sediment ter plaatse en de aldaar levende bodemdieren te onderzoeken. Afhankelijk van de resultaten van dit onderzoek kan het gewenst zijn:

- de mate van verontreiniging van het sediment met behulp van een effectief monsterprogramma kwantificeren,
- na te gaan in welke mate verhoogde metaalgehalten een meetbare accumulatie ten gevolge hebben bij bodemorganismen in dit gebied
- de diversiteit van de bodemfauna in het betreffende gebied te onderzoeken,
- het effect van munitieresten op bodemdieren te onderzoeken (toxiciteitsexperiment) door bijvoorbeeld wadbodems met geselecteerde organismen onder gecontroleerde omstandigheden (mesocosms) bloot te stellen aan munitieresten.

Omdat de verbrandingsproducten van lichtspoor- en ontsteek-sassen grotendeels als kleine deeltjes vrijkomen, is de kans groot dat deze stoffen uiteindelijk door wind of regen in de Waddenzee terecht zullen komen. De verbranding zal voor een deel onvolledig zijn, waardoor een scala van producten zal ontstaan (bijvoorbeeld koolwaterstoffen, HCl, NO<sub>x</sub>, CO en metaalhydroxides). De samenstelling van deze verbrandingsproducten kan alleen experimenteel worden bepaald, zodat momenteel geen uitspraak gedaan kan worden over eventuele milieu-effecten van deze stoffen. Verder onderzoek is daarom noodzakelijk, waarbij het zinvol lijkt om ook de emissies van andere stoffen zoals de resten en omzettingsproducten van explosieven en aandrijfstoffen te onderzoeken.

## LITERATUUR

- Anonymus, 1989. Wadatlas. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dir.-Gen. Scheepvaart en Maritieme Zaken.
- Anonymus, 1990a. Wadden Aktie Plan (WAP). Discussienota. RWS-DGW Nota GWWS-90.062: 1-46.
- Anonymus, 1990b. Verslag van een onderzoek naar bodemverontreiniging bij het B.O.S.-laadstation op het terrein Cavalerie Schietkamp Vlieland. Ecolyse Nederland B.V., Projectfase: oriënterend onderzoek, Projectnummer: T-919.30PR/RK.
- Anonymus, 1990c. Verslag van onderzoek naar bodemverontreiniging op het het terrein Cavalerie Schietkamp Vlieland. Ecolyse Nederland B.V., Projectfase: oriënterend onderzoek, Projectnummer: T-740.30SH/MV.
- Anonymus, 1991a. Verslag van onderzoek naar bodemverontreiniging bij de schrootopslag op het het terrein Cavalerie Schietkamp Vlieland. Ecolyse Nederland B.V., Projectfase: naderonderzoek, Projectnummer: T-944.40SH/MV.
- Anonymus, 1991b. Verslag van onderzoek naar bodemverontreiniging op het het terrein Cavalerie Schietkamp te Vlieland. Ecolyse Nederland B.V., Objectnummer: 4F01, Projectfase: nader en saneringsonderzoek, Projectnummer: T-740.40SH/MV. -- , 1991c. Bijlage.
- Anonymus, 1991d. Herstructurering en verkleining; De Nederlandse krijgsmacht in een veranderende wereld. Ministerie van Defensie, Defensienota maart 1991.
- Anonymus, 1991e. De natuur in het offensief. Commentaar op de Defensienota 1991. Natuurbeschermingsraad, Utrecht.
- Ashwood, T.L. & C.R. Olsen, 1988. Pearl Harbor bombing attack. A contamination legacy revealed in the sedimentary record. Mar. Pol. Bul. 19-2: 68-71.
- Berg, G.P. van den & A. van der Pol, 1991. Schietlawaaï in het Oostelijk Waddengebied. Rapport van de Natuurwinkel, RU Groningen. NWU-35.
- Bergman, M.J.N., H.J. Lindeboom, G. Peet, P.H.M. Nelissen, H. Nijkamp & M.F. Leopold, 1991. Beschermde gebieden Noordzee. NIOZ-rapport 1991-3: 1-195.
- Berkel, B.M. van, E.J.M. Boerrigter & H.J. van der Windt, 1989. Het internationaal waterkwaliteitsbeheer van de Waddenzee. Biologisch Centrum, RUG: 1-126.
- Boelens, G., 1989. Milieuhygiënische aspecten van militaire schietactiviteiten op de Waddenzee. Stagerapport Rijkswaterstaat, directie Noord-Holland (Rijks Agrarische Hogeschool Groningen): 1-16.
- Bon, J. van & J.J. Boersema, 1988. Metallisch lood bij de jacht, de schietsport en de sportvisserij. Groningen, Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde, IVEM-rapport no. 24: 1-183.
- Dongen, J.E.F. van, 1991. Belevingsonderzoek naar de geluidshinder in de omgeving van de 25 mm schietbaan bij Marnewaard (Lauwersmeer). TNO-NIPG publikatie 91.011.
- Duijts, H. & R. Misdorp, 1990. Verontreinigingen in de sedimenten van de Noordzee en Waddenzee. RWS-DGW Nota GWWS 89.009: 1-29.
- Jansen, H., 1991. Van knallen en kogels: de waarnemingen van Ernst Borstlap. Waddenbulletin 26-4: 183-185.
- Jonge, J. de & J.H. van Meerendonk, 1990. Wadden Aktie Plan (WAP). Inventarisatie Emissies. RWS-DGW Nota GWWS 90.060: 1-97.



- Madsen, P.B., 1991. Tungmetaller i Knudedybs - og Juvre Dybs tidevandsområder. Ribe Amt (in prep.).
- Platteeuw, M., 1986. Effecten van geluidhinder door militaire activiteiten op gedrag en ecologie van wadvogels. RIN-rapport 86/13, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel.
- Komdeur, K., 1991. (Concept) BALITOX-gegevensklapper: een hulpmiddel bij de beantwoording van ecotoxicologische vragen. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Haren. Notitie: GWWS-91.12028.
- Mourik, F. van, 1991. Militairen uit het waddengebied. Wadden-bulletin 26-4: 179-182.
- Rijk, J. de, 1989. Concept rapportage/advies van Jan de Rijk (RFO) d.d. 20 juli 1989 aan FWVO-werkgroep Militaire schietactiviteiten en water(bodem)verontreiniging. Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland.
- Smit, C.J., 1986. Oriënterend onderzoek naar de veranderingen in gedrag en aantallen van wadvogels onder invloed van schietoefeningen. RIN-rapport 86/18. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel.
- Structuurschema Militaire Terreinen (SMT), 1981. Deel a. Beleidsvoornemen. Ministeries van Defensie en VROM. Tweede Kamer 1980-81, 16 666, nrs. 1-2.
- , 1982. Deel b. Hoofdpijnen van de Inspreek.
- , 1982. Deel c. Advies van de Raad voor de Ruimtelijke Ordening.
- , 1984. Deel d. Regeringsbeslissing. Tweede Kamer 1983-84, 16 666, nrs. 9-10.
- Wintermans, G.J.M., 1991. De uitstralingseffecten van militaire geluidsproductie in de Marnewaard op het gedrag en de ecologie van wadvogels. RIN-rapport 91/ Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel.

## **BIJLAGEN**

## BIJLAGE I.

De verschoten munitie, materieelsamenstelling e.d. zoals opgegeven door Defensie (van der Veen, 1991) voor de verschillende schietterreinen in de Waddenzee. Aangevuld met gegevens van Boelens (1989) en Rijkswaterstaat (de Rijk, 1989).

1. (Landmacht) Cavalerieschietkamp (CSK) (De Vliehors (Vlieland))

- Doelengebied samen met opstelpunt beslaat 150 ha.
- Onveilige zone heeft een oppervlak van 10.500 ha en strekt zich uit over de Waddenzee; diepte 12 km.
- In gebruik van 1 september tot 15 april

Geschoten wordt met tankkanonnen (Leopard 1: 105 mm SH/T (brisant oefengranaat) en 150 mm DS/T (super(oefen)granaat), Leopard 2: 120 mm MZ-ÜB (brisant antitank oefengranaat)) en coaxiale mitrailleurs (7,62 mm) op stilstaande en bewegende doelen. De in 1990 afgevuurde munitie en materieelsamenstelling:

aantal patronen/ projectielen in 1990		samenstelling
- 7.62 mm	320.000	Pb (hardlood met 10% antimoon) massa 7 gram; 2 gram koper
- 105 mm SH/T	586	Staal + hardschuimvulling mantel van aluminium legering koperen huls Fe geleideband massa 11,3 kg
- 105 mm DS/T	1568	stale kern mantel van aluminium legering manchet van magnesium legering koperen huls
- 120 mm MZ-ÜB	1649	stalen kop penetrator: 42 CrMo4K resp. 30 CrMoV9 massa 3,4 kg manchet : AlZnMg Cu 1,5, massa 2,4 kg

Lichtspoorsamenstelling en percentages lichtspoor:

- 20 % van de 7.62 mm is lichtspoor; 0,6 gram lichtspooras bevat:
  - 29% kaliumperchloraat
  - 34% magnesium
  - 27% bariumnitraat
  - 4% montanwachs (was)
  - 6% polyvinylchloride (PVC)
- 100% van de verschoten 105 mm bevat lichtspoor; de samenstelling:
  - 6 gram lichtspooras:
  - 2 gram ontsteeksas:

- |                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| - 52% strontiumnitraat | - 83% bariumoxide     |
| - 5% strontiumoxalaat  | - 6% koolstof         |
| - 26% magnesium        | - 5% hars             |
| - 9% hars              | - 4% magesium         |
| - 6 % PVC              | - 2% bindmiddel (was) |
| - 2 % bindmiddel (was) |                       |

Munitieresten die in de Waddenzee terecht komen zijn:

- 7.62 mm patronen,  
Voor wat betreft deze munitie komt ca. 20 % (afzwaaiers etc.) op het wad terecht op een afstand van 1000 m van de schietpunten. Bij hoogwater is het mogelijk dat delen van deze 20 % in de Waddenzee terechtkomen. E.e.a. geldt ook voor de aan de 7.62 mm gerelateerde lichtspoormunitie.
- 105 mm SH/T en 105 mm DS/T projectielen,  
De Leopard-1 tank schiet vanaf de duinenrand op doelen die op ca. 800 tot 2000 meter afstand op het wad staan. Van deze projectielen komt naar schatting een derde deel in de Waddenzee terecht. Het betreffen missers en ricochets. E.e.a. is inclusief lichtspoor.
- 120 mm MZ-ÜB projectielen.  
De Leopard-2 tank schiet eveneens vanaf de duinenrand op dezelfde doelen als de Leopard-1. Naar schatting komt 20 % van deze projectielen inclusief het lichtspoor in de Waddenzee terecht.

In de komende jaren zal het aandeel 105 mm projectielen afnemen omdat een aantal Leopard-1 tanks buiten actieve dienst wordt gesteld, waardoor het aandeel 120 mm projectielen van de Leopard-2 tank zal toenemen. Met name in de onderhoudsperiode worden er munitieresten verzameld en afgeleverd.

## 2. (Luchtmacht) Schietrange Vliehors (Vlieland) en schietrange Noordvaarder (Terschelling)

- Onveilige zone voor zowel Vliehors als Noordvaarder heeft een oppervlak van 3750 ha en strekt zich uit over de zandplaten en de Noordzee; diepte 8,5 km.
- In gebruik: 180 dagen per jaar

Er wordt voornamelijk geoefend met jachtvliegtuigen door Nederlandse en andere NAVO-luchtmachten. Munitieresten zullen hoofdzakelijk op deze platen danwel in de Noordzee en niet in de Waddenzee terecht komen.

- Op de Noordvaarder wordt in een duinkom geschoten Oefeningen met niet-explosieve bommen/projectielen en raketten (ca 1000 astuks per jaar). Er komen zeer incidenteel afzwaaiers voor.

- Op de Vliehors komen de oefenbommen op de zandplaten terecht en zeer incidenteel op het wad.

De boordkanon munitie (20 mm, ca 200.000 per jaar) komt incidenteel in de Noordzee terecht. Van de ca. 11.000 bommen (gewicht 12,5 kg per stuk) die op de Vliehors worden afgeworpen komt minder dan 1% op het Wad c.q. in de nabijgelegen geul terecht. Van deze 1% is de lading in de meeste gevallen verbrand. Alle niet geëxplodeerde munitie wordt zo spoedig mogelijk opgeruimd.

De materieelsamenstelling van deze bommen bestaat uit: ijzer, gietijzer, blauwe verf en een aluminium hulsje.

Per definitie komt in principe geen lichtspoormunitie op de grond terecht. De ontstekingsassen en lichtsassen zijn uitgebrand voordat de projectielen de grond treffen.

Bergman (1991) geven een schatting van stoffen die vrijkomen op de schietterreinen Vliehors en Noordvaarder, gebaseerd op Rijkswaterstaat gegevens (de Rijk, 1989) te weten:

- ca 100 ton staal per jaar. Samenstelling onbekend, RWS meent dat naast ijzer ook zware metalen en beryllium aanwezig zijn,
- ca. 10 ton springstof wordt per jaar tot ontploffing gebracht, samenstelling onbekend. Verder komen verbrandings-/omzettingsproducten van de aandrijfstoffen van oefenraketten en rook/lichtsignalen, die gebruikt worden bij oefenbommen, vrij.

### 3. De Marnewaard

- Onveilige zone: 1300 ha, gedeeltelijk over de Waddenzee.
- In gebruik: 42 dagen per jaar.

In het noordelijke deel van het Lauwersmeer, de Marnewaard, is een schietbaan gelegen waar met het boordwapen 25 mm (TP/T en DS/T, 100% bevat lichtspoor) en de mitrailleur 7.62 mm (20% lichtspoor) van de YPR 765 wordt geschoten. Op de schietbaan bevindt zich een kogelvanger maar het is niet geheel uitgesloten dat projectielen of delen daarvan de kogelvangers passeren en in het Wad terecht komen. Op dit moment wordt een onderzoek door TNO-FEL uitgevoerd om een kwantitatief inzicht te verkrijgen over de projectielen of delen daarvan die de kogelvangers passeren. Het onderzoek loopt nog maar het is de vraag of uit dit onderzoek kan worden afgeleid hoeveel projectielen op het Wad terecht komen. De afgevuurde munitie en materieelsamenstelling:

	aantal patronen/ projectielen in de jaren		samenstelling/ gewicht
	1990	1991	
- 7.62 mm	188.350	??	7 gram lood, 2 gram koper
- 25 mm TP/T	10.907	geen	chromstaal en Al-legering alsmede zeer kleine hoeveelheden koolstof, silicium, mangaan fosfor, zwavel, stikstof, koper, zink, lood massa patroon: 502 gram projectiel: 180 gram lichtsas: 2,2 gram onsteeksas: 0,5 gram
- 25 mm DS/T	32.089	50.000	massa patroon: 454 gram projectiel: 125 gram lichtsas: 0,8 gram

Lichtspoorsamenstelling van de 7.62 mm munitie: zie Vliehors  
Lichtspoorsamenstelling 25 mm munitie:

Koolstof (0,14 - 0,23 %)	Zwavel ( 0,03 %)
Silicium ( 1 %)	Lood (---)
Mangaan ( 1 %)	Chroom (15,5 - 17,5 %)
Fosfor ( 0,05 %)	Nikkel (1,5 - 2,5 %)

Zeer incidenteel komt er een reeds uitgebrand lichtspoor element in zee van het kaliber 7.62 mm. In zijn algemeenheid blijkt dat geen lichtspoor op het wad terecht komt van de 25 mm DS/T en 25 mm TP/T.

#### 4. Nieuwhaven/Lutjeswaard

Aan de oostzijde van Den Helder bevindt zich het schietterrein "Lutjeswaard", dat zowel door de landmacht (KL) als de marine (KM) wordt gebruikt. De onveilige zone strekt zich uit over de Waddenzee en heeft een maximale diepte van 32 km en een oppervlakte van 34.000 ha. Het gebruik hiervan kan maximaal 90 dagen per jaar bedragen maar in de praktijk is dat minder.

##### -KL-deel

De KL mag maximaal 5 dagen per jaar in Lutjeswaard schieten. Deze optie wordt alleen gebruikt voor lange dracht munitie en als het bereik verder is dan 23 km. De munitieresten komen geheel in de Waddenzee terecht inclusief het lichtspoor element, aangezien op drijvende doelen wordt geschoten. De jaaropgave van de verschoten munitie bedraagt:

- 35 mm APHE/T	9733 projectielen
- 35 mm TP/T	980 projectielen
- 40 mm HE/T	1074 projectielen

##### Materieelsamenstelling :

- 35 mm APHE/T	chroomstaal en aluminium legering
	projectielfmassa: 550 gram
	lichtsas: 2,2 gram
100 % verschoten munitie (huls is van aluminium) bevat	
lichtspoor met samenstelling:	strontiumnitraat
	magnesium
	PVC met bindmiddel
	grafiet
- 35 mm TP/T	chroomstaal en aluminium legering
	projectielfmassa: 550 gram
	lichtsas: 72 gram
100 % verschoten munitie (huls is van aluminium) bevat	
lichtspoor met samenstelling:	strontiumperoxide
	magnesium
	dechloran
	hars
-40 mm HE/T	staal
	projectielfmassa: 960 gram
	lichtsas:
100 % verschoten munitie (huls is van aluminium) bevat	
lichtspoor met samenstelling:	bariumnitraat
	magnesium
	natriumoxalaat
	strontiumnitraat

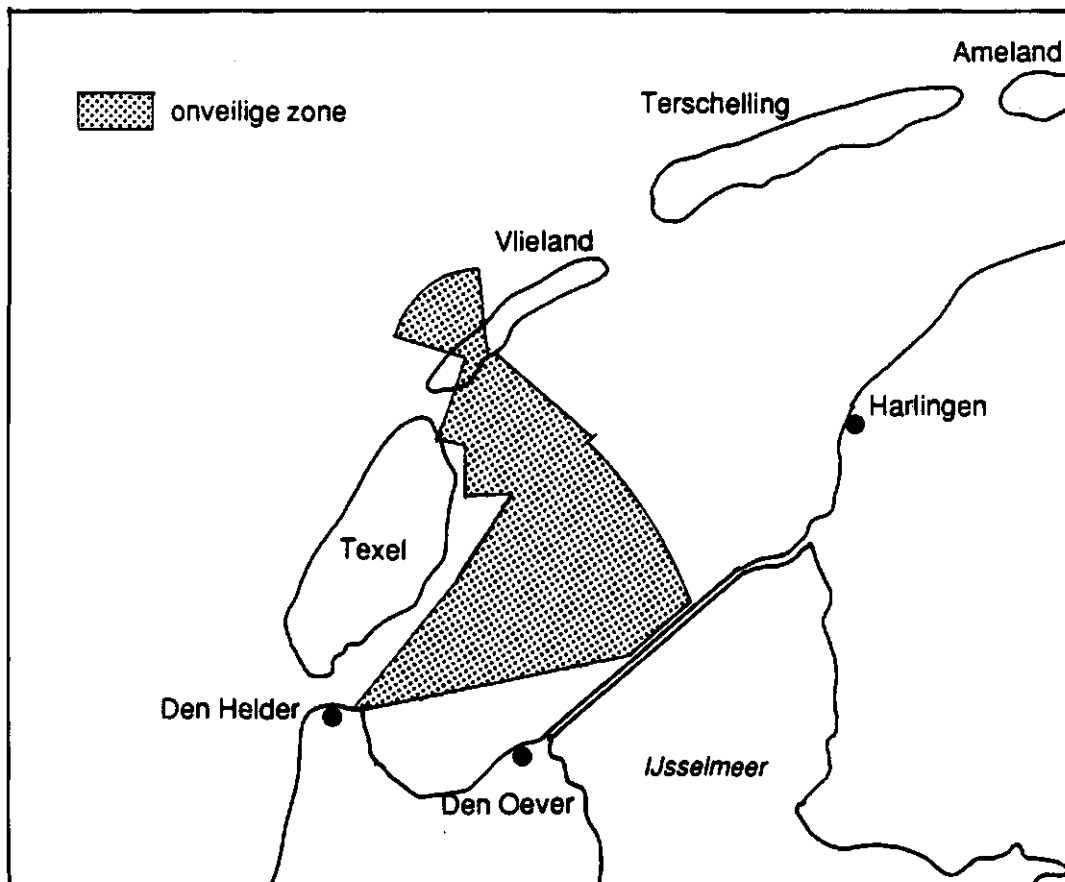
##### -KM-deel

Door de marine wordt sporadisch van deze faciliteit gebruik gemaakt. Er worden ca. 150 schoten 76 mm per jaar gelost in 30 dagen over het gehele jaar verspreid. De materieelsamenstelling is:

- 76 mm                      staal met o.a. koolstof, silicium  
projectiekmassa: 6,295 kg

De munitie bevat geen lichtspoor. De munitieresten komen geheel in de Waddenzee terecht.

Kaart met de militaire oefenterreinen en bijbehorende onveilige zones (SMT, deel a).



## BIJLAGE II.

Berekeningen uitgevoerd door het Prins Maurits Laboratorium, TNO sectie Pyrotechniek m.b.t. verbrandingsproducten van het lichtspoor van verschoten munitie, zoals opgegeven door Defensie in het kader van het onderzoek 'Munitieresten in de Waddenzee'.

Locatie: Munitie verschoten in 1990 [aantal]

Vliehors	7.62 mm	[320.000]
	105 mm	[2.154]
	120 mm	[1.649]
Marnewaard	7.62 mm	[188.350]
	25 mm DS/T	[32.089]
	25 mm TP/T	[10.907]
Lutjeswaard	35 mm APHE/T	[9.733]
	35 mm TP/T	[980]
	40 mm HE/T	[1.074]
Vlieland + Terschelling	?	?

Totale hoeveelheid lichtsas die verschoten wordt (i.v.m. de vervuiling door de verbrandingsproducten):

7.62 mm patronen:	508.350 x 1/5 x 0.6 g =	61	kg lichtspoorsas
105 mm patronen:	2.154 x 6 g =	12,94	kg lichtspoorsas
120 mm patronen:	1.649 x 14 g =	23,09	kg lichtspoorsas
25 mm DS/T patronen:	32.089 x 0.8 =	25,67	kg lichtspoorsas
25 mm TP/T patronen:	10.907 x 2,2 g =	24	kg lichtspoorsas
35 mm APHE/T patronen:	9.733 x 2,2 g =	21,41	kg lichtspoorsas
35 mm TP/T patronen:	980 x 72 g =	70,56	kg lichtspoorsas

Totaal 239 kg lichtspoorsas

De verbrandingsproducten van lichtspoorsassen zijn grotendeels vaste stoffen en zullen als kleine deeltjes vrijkomen tijdens het verbrandingsproces. Hierdoor is de kans zeer groot dat deze stoffen uiteindelijk (door de wind of regen) in het water van de Waddenzee terecht zullen komen.

### Berekeningen

Met behulp van bij het Prins Maurits Laboratorium aanwezige programmatuur is geprobeerd om de producten die ontstaan bij de verbranding van de lichtspoorsassen te berekenen. Doordat een van de programma's uitgaat van de ideale gaswet bij de berekening (en deze sassen grotendeels vaste producten produceren bij verbranding) loopt dit programma vast. Een tweede programma kon helaas niet worden gebruikt, omdat de te verwachten producten niet in de databank aanwezig zijn.

Hierdoor bleef niets anders mogelijk om handmatig een voorspelling te doen van de verbrandingsproducten. Bij deze voorspelling is uitgegaan dat de sassen tijdens de verbranding "naverbranden" met additionele zuurstof uit de lucht. Dit levert dan de volgende producten op per 100 gram sas:



A) Ontsteeksas (bariumperoxide, koolstof, hars, magnesium en was):

75,16 gram $\text{BaO}_{(s)}$	6,63 gram $\text{MgO}_{(s)}$
35,69 gram $\text{CO}_{2(g)}$	5,13 gram $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

B) Lichtsas 7.62 mm (kalium perchloraat, magnesium, bariumnitraat, PVC en was):

21,51 gram $\text{BaCl}_{2(s)}$	4,70 gram $\text{MgCl}_{2(s)}$
54,39 gram $\text{MgO}_{(s)}$	9,86 gram $\text{K}_2\text{O}_{(s)}$
2,89 gram $\text{N}_{2(g)}$	21,00 gram $\text{CO}_{2(g)}$
5,20 gram $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	

C) Lichtsas 105 mm (strontiumnitraat, strontiumoxalaat, magnesium, hars, PVC en was):

23,16 gram $\text{SrO}_{(s)}$	7,62 gram $\text{SrCl}_{2(s)}$
43,11 gram $\text{MgO}_{(s)}$	6,88 gram $\text{N}_{2(g)}$
28,08 gram $\text{CO}_{2(g)}$	7,61 gram $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

Hierbij moet wel worden opgemerkt dat in de praktijk de verbranding heel anders kan verlopen; doordat bij het handmatig berekenen van de producten uitgegaan is van de ideale omstandigheden + additionele zuurstof uit de lucht kunnen er in de praktijk grote verschillen optreden omdat waarschijnlijk deze aannames niet (geheel) gelden. In de praktijk zal de verbranding voor een deel onvolledig zijn waardoor een scala van "vreemde" producten zullen ontstaan (bijvoorbeeld koolwaterstoffen,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NO}_x$ -en,  $\text{CO}$  metaaloxides, etc.). Om dit nu te bepalen is helaas geen programma of een handmatige berekening geschikt; dit kan men alleen experimenteel bepalen.

## notitie GWWS-91.12036

van : J.H. van Meerendonk, D. Dijkhuizen, T. Siderius  
datum : 21 november 1991  
onderwerp : onderzoek munitieresten in zeewater  
(opdracht van Min. van Defensie, nr. M4740/91017548, 2 sept. 1991)

**DOELSTELLING:**

Onderzoek naar het vrijkomen van zware metalen uit munitieresten in zeewater. Nagaan of te verwachten is dat de waterkwaliteit van de Waddenzee door deze zware metalen beïnvloed wordt.

**INLEIDING:**

Het Ministerie van Defensie heeft, in het kader van de Evaluatienota Structuurschema Militaire Terreinen, opdracht gegeven aan het Instituut voor Bos- en Natuurwaarden op Texel om een literatuuronderzoek uit te voeren naar de effecten van munitieresten op de Waddenzee. Bij de eerste bijeenkomst van de begeleidingsgroep van dit onderzoek, bleek een grote leemte in kennis over het vrijkomen van stoffen uit de resten van afgeschoten munitie. Op voorstel van de begeleidingsgroep, heeft Defensie opdracht gegeven aan de Dienst Getijdewateren om een kort experiment uit te voeren naar het vrijkomen van zware metalen uit munitieresten in zeewater.

**PROEFOPZET:**

Ontvangen van Defensie zijn de vers afgeschoten resten van:

- 50 stuks 7.62 mm munitie (wordt verschoten op de Vliehors en de Marnewaard)
- 15 stuks 25 mm APDS-T munitie (wordt verschoten op de Marnewaard).

Bijlage 1 geeft de proefopzet. Uitgangspunt was, onder experimentele omstandigheden, een indruk te krijgen van:

- de hoeveelheden metalen die vanaf verschillende gewichtshoeveelheden munitie vrijkomen in zeewater;
- de hoeveelheden metalen die vrijkomen in de tijd;
- de hoeveelheden metalen die opnieuw vrijkomen na verversen van het zeewater.

De munitie werd, in oplopende gewichtshoeveelheden, verdeeld over een aantal kunststofbakken met daarin 50 liter zeewater. Daarnaast zijn twee blanco bakken, zonder munitie, ingezet. Alle bakken werden permanent doorgelucht. Het experiment werd uitgevoerd in een klimaatkamer van 18 graden Celsius in het donker. Na resp. 3, 6 en 12 dagen zijn watermonsters genomen uit de in het schema (bijlage 1) aangegeven bakken.

behoort bij: Notitie GWWS-91.12036  
datum: 21 november 1991  
bladnr: 2

Deze monsters zijn geanalyseerd door TNO-Delft op de volgende metalen:

Pb - lood	Cu - koper
Al - aluminium	V - vanadium
Cr - chroom	Ni - nikkel
Mo - molybdeen	Sr - strontium
Zn - zink	Mg - magnesium

#### RESULTATEN:

In bijlage 2 staan de analyseresultaten vóór en na aftrekken van de blanko-waarden. Verder staan de ingezette gewichtshoeveelheden munitie vermeld.

Uit de analyseresultaten, na aftrekken van de blanko's, blijkt dat voor de meeste metalen de blankowaarde niet of nauwelijks wordt overschreden. De concentraties van koper bij de 7.62 mm munitie en nikkel bij de 25 mm munitie zijn duidelijk verhoogd t.o.v. de blankowaarden. Hier zal nader op worden ingegaan. De concentraties van lood bij de 7.62 mm munitie zijn weliswaar ook verhoogd t.o.v. de blankowaarden, maar in mindere mate dan die van koper en nikkel.

De resultaten zijn niet dusdanig dat harde uitspraken voor de veldsituatie kunnen worden gedaan. Wel is het mogelijk om via een aantal benaderingen aan te geven of het te verwachten is dat de munitieresten de waterkwaliteit van de Waddenzee, wat koper en nikkel betreft, zullen beïnvloeden.

#### KOPER

De analyseresultaten laten duidelijk verhoogde concentraties van koper in het zeewater zien. Er is geen toename van de concentratie in de tijd waar te nemen. Ook is er geen duidelijke relatie tussen de gewichtshoeveelheden en de concentratie. Na verversen van het zeewater komt de concentratie tussen dag 6 en dag 12 weer op het niveau van dag 3.

#### Benadering A voor koper:

1. Er wordt van uitgegaan dat de 7.62 mm munitie in het kombergingsgebied Eijerlandschegat terecht komt. Dit kombergingsgebied heeft een getijvolume van 207 miljoen m<sup>3</sup> (hoeveelheid water die per getij in- en uitgaat). In 5 getijden is de totale hoeveelheid water in het gebied verversd.
2. Gemiddeld gezien zorgt in het experiment een gewicht van 16,5 g koper voor een concentratietoename van 110 µg/l in een watervolume van 50 l in ± 6 dagen. Hierbij komt dan 5,5 mg koper vrij.
3. In het gebied kwam in 1990 terecht: 320.000 x 2 g = 640 kg koper.  
De hoeveelheid koper die hieruit in 6 dagen oplost, doorvertaald uit het experiment bedraagt:  
$$640.000 / 16,5 \times 5,5 \text{ mg} = 213 \text{ g koper}$$
  
(uitgaande van gelijke omstandigheden in het experiment en de Waddenzee, zoals bijvoorbeeld: hetzelfde percentage oppervlak van de munitie waaruit het koper kan oplossen)
4. In 6 dagen vinden 12 getijdewisselingen plaats waardoor  $12/5 \times 207$  miljoen m<sup>3</sup> = 497 miljoen m<sup>3</sup> wordt verversd. De toegevoegde koperconcentratie is

behoort bij: Notitie GWWS-91.12036  
datum: 21 november 1991  
bladnr: 3

dan  $4 \times 10^{-4} \mu\text{g/l}$ . Afgezet tegen de gemiddelde concentraties in de Waddenzee van zo'n  $2 \mu\text{g/l}$ . koper in het gebied is dit een zeer geringe bijdrage. De vraag is of de oplosbaarheid van koper wel goed uit het experiment te halen is (zie benadering B).

**Benadering B voor koper:**

Uitgaande van bovenstaande benadering (punt A.3) duurt het 50 jaar voor deze 640 kg koper in de Waddenzee is opgelost.

Stel dat alle 640 kg koper in één jaar oplost, wat zeer onwaarschijnlijk is. In dat jaar is 29.000 miljoen m<sup>3</sup> water ververst in het betreffende kombergingsgebied. De concentratie hiervan zou dan  $0,02 \mu\text{g/l}$  bedragen. Dit is  $\pm 1\%$  van de huidige concentratie in de Waddenzee.

**Benadering C voor koper:**

Via het IJsselmeer werd in 1985 54 ton koper in de Waddenzee geloosd. De gemiddelde kopervracht over de afgelopen paar jaren bedroeg 48 ton per jaar. Defensie "loost" per jaar 640 kg koper, wat neerkomt op 1,5% van de jaarvracht uit het IJsselmeer. Omdat alleen opgeloste hoeveelheden koper met elkaar te vergelijken zijn zal, als er van wordt uitgegaan dat het koper uit de munitie niet in één jaar oplost, de relatieve bijdrage in een jaar geringer zijn.

**NIKKEL**

Uit het experiment blijkt dat ook de concentraties van nikkel duidelijk verhoogd zijn t.o.v. de blankowaarden. Er is een relatie tussen de gewichtshoeveelheden en de concentratie. Er is geen duidelijke relatie tussen de concentratie en de tijd. Na verversen van het zeewater komt de concentratie na 6 en 12 dagen weer ongeveer op het niveau van dag 3.

**Benadering A voor nikkel:**

1. Er wordt van uitgegaan dat de 25 mm APDS-T munitie in het kombergingsgebied Friesche Zeegat (Zoutkamperlaag) terecht komt. Dit kombergingsgebied heeft een getijvolume van 194 miljoen m<sup>3</sup>. In 5 getijden is de totale hoeveelheid water in het gebied ververst.
2. In het experiment geeft 100 g munitie met een nikkelgehalte van 2% een concentratietoename van  $72 \mu\text{g/l}$  in een watervolume van 50 l in  $\pm 6$  dagen. Hierbij komt dan 3,6 mg nikkel vrij.
3. In het gebied kwam in 1990 terecht: 4100 kg 25 mm APDS-T munitie (82 kg nikkel). De hoeveelheid nikkel die hieruit in 6 dagen oplost, doorvertaald uit het experiment, bedraagt:  
$$82.000/2 \times 3,6 \text{ mg} = 148 \text{ g nikkel}$$
4. In 6 dagen vinden 12 getijdewisselingen plaats waardoor  $12/5 \times 194$  miljoen m<sup>3</sup> = 465 miljoen m<sup>3</sup> wordt ververst. De toegevoegde nikkelconcentratie is dan  $3 \times 10^{-4} \mu\text{g/l}$ . Afgezet tegen de gemiddelde concentraties in de Waddenzee van zo'n 1 à  $2 \mu\text{g/l}$  nikkel is dit een zeer geringe bijdrage. Ook hier is weer de vraag of de oplosbaarheid van nikkel wel goed uit het experiment te halen is (zie benadering B).

**Benadering B voor nikkel:**

Uitgaande van een nikkelgehalte van 2% (82 kg per jaar in de Waddenzee) en uitgaande van bovenstaande benadering (punt B.3) duurt het 9 jaar voor deze 82 kg nikkel is opgelost.

behoort bij: Notitie GWWS-91.12036  
datum: 21 november 1991  
bladnr: 4

Stel dat de 82 kg nikkel in één jaar oplost. De hoeveelheid water dat in een jaar in het betreffende kombergingsgebied ververst wordt bedraagt 27.000 miljoen m<sup>3</sup>. De toegevoegde concentratie hieraan zou dan 0,003 µg/l nikkel bedragen. Dit is ± 0,2% van de huidige concentratie in de Waddenzee.

**Benadering C:**

Via het IJsselmeer werd in 1985 56 ton nikkel in de Waddenzee geloosd. Het betreffende Friesche zeegat staat echter meer onder invloed van het Lauwersmeer, waaruit in 1985 5 ton nikkel werd aangevoerd. De 82 kg nikkel van de munitieresten, bedraagt 1,6% van de hoeveelheid afkomstig uit het Lauwersmeer. Omdat alleen opgeloste hoeveelheden nikkel met elkaar te vergelijken zijn zal, als er van wordt uitgegaan dat het nikkel uit de munitie niet in één jaar oplost, de relatieve bijdrage in een jaar geringer zijn.

**CONCLUSIES en AANBEVELINGEN**

Het is niet te verwachten dat de hoeveelheden van de onderzochte zware metalen, door Defensie in de Waddenzee gebracht via 7.62 mm en 25 mm (APDS-T) munitie, wezenlijk van invloed zijn op de waterkwaliteit van de Waddenzee. Analyses van watermonsters in de betreffende gebieden zouden deze conclusie verder moeten onderbouwen. Verder verdient het aanbeveling om in de betreffende gebieden aandacht te besteden aan de oplading met zware metalen van zowel het sediment als de daarin levende organismen.

## PROEFOPZET:

## BIJLAGE 1

dagen	0	3	6	12
7.62 mm	AG1		*	
	AG2		*	
	AG3	*	*	*
	AG4		*	
	AGV	*	*	*
25 mm	BG1		*	
	BG2	*	*	*
	BG3		*	
	BG4	*	*	*
	BG5		*	
	BGV	*	*	*
	blanko1	*		*
	blanko2	*		*

\* = gemonsterd

AG1 = gewichtshoeveelheid 1 van munitie A (7.62 mm).

BG1 = gewichtshoeveelheid 1 van munitie B (25 mm).

AGV en BGV = bakken waarin het zeewater na monsternamen ververst werd.

## Gewichten van de onderdelen van de 25 mm munitie.

(totale gewichten van de 25 mm munitie en de gewichten van de 7.62 mm munitie staan in bijlage 2)

BG1	rondje	11.3
BG2	rondje	11.1
BG3	rondje	33.5
BG4	rondje	40.9
BG5	rondje	44.9
BGV	rondje	18.6

BG1	ontsteking	25.3
BG2	ontsteking	52.4
BG3	ontsteking	73.1
BG4	ontsteking	106.1
BG5	ontsteking	103.6
BGV	ontsteking	57.9

BG1	kogel	82.4
BG2	kogel	183.0
BG3	kogel	261.4
BG4	kogel	294.4
BG5	kogel	432.8
BGV	kogel	109.2

munitie 7.62 mm	code	gewicht in gram	element dagen eenheid	Al 3	Al 6	Al 12	Cr 3 mg/l	Cr 6	Cr 12	Cu 3 mg/l	Cu 6	Cu 12	Pb 3 mg/l	Pb 6	Pb 12
	AG1	24.5			0.16		<0.003			78				2.3	
	AG2	44.2			0.16		<0.003			60				2.3	
	AG3	86.2		0.15	0.15	0.17	<0.003	<0.003	<0.003	199	181	185	5.7	1.6	0.9
	AG4	142.3			0.14		<0.003	<0.003	<0.003	181				1.6	
	AGV	67.9		0.15	0.17	0.19	<0.003	<0.003	<0.003	154	31	153	5.6	3.7	2.9
munitie 25 mm	code														
	BG1	120.2			0.26		<0.003			15.1				0.7	
	BG2	247.9		0.17	0.21	0.28	<0.003	<0.003	<0.003	14.3	12.6	14.0	0.8	0.6	0.3
	BG3	369.3			0.35		<0.003			14.0				0.7	
	BG4	417.1		0.33	0.42	0.50	<0.003	<0.003	<0.003	14.4	14.1	10.3	0.8	0.6	0.3
	BG5	584.7			0.39		<0.003			12.1				<0.1	
	BGV	167.1		0.28	0.32	0.34	<0.003	<0.003	<0.003	16.0	17.6	15.4	0.5	1.9	0.9
	BL1			0.17		0.18	<0.003		<0.003	15.6		15.4	0.8		0.6
	BL2			0.17		0.20	<0.003		<0.003	15.5		14.6	0.9		0.5

munitie 7.62 mm	code	element dagen eenheid	Mg 3	Mg 6	Mg 12	Mo 3 mg/l	Mo 6	Mo 12	Mo 12 mg/l	Ni 3 mg/l	Ni 6	Ni 12	Sr 3 mg/l	Sr 6	Sr 12	V 3 mg/l	V 6	V 12	Zn 3 mg/l	Zn 6	Zn 12
	AG1			1210			0.0109			3.3				8.7		<0.02	<0.02		19.7		
	AG2			1180			0.0105			2.7				9.2		<0.02	<0.02		13.8		
	AG3	1200	1200	1240	1280	0.0104	0.0110	0.0112	2.8	2.6	3.2	3.2	10.4	10.9	12.0	<0.02	<0.02	<0.02	13.8	8.1	7.1
	AG4			1170			0.0108			2.8				14.2		<0.02	<0.02		6.4		
	AGV	1200	1180		1160	0.0105	0.0117	0.0105	2.6	5.7	2.9	2.9	9.5	7.7	7.5	<0.02	<0.02	<0.02	14.9	19.9	28
munitie 25 mm	code																				
	BG1			1180			0.0120			97				7.1		<0.02	<0.02		47		
	BG2	1150	1190		1210	0.0109	0.0118	0.0111	85	143	250	250	7.2	7.0	7.1	<0.02	<0.02	<0.02	32	38	45
	BG3			1170			0.0116			198				7.1		<0.02	<0.02		53		
	BG4	1160	1170		1190	0.0107	0.0114	0.0097	183	270	320	320	7.1	7.2	7.2	<0.02	<0.02	<0.02	59	71	81
	BG5			1170			0.0125			340				7.3		<0.02	<0.02		46		
	BGV	1160	1170		1230	0.0117	0.0110	0.0095	95	74	70	70	7.2	7.1	7.5	<0.02	<0.02	<0.02	48	50	55
	BL1	1180			1180	0.0099		0.0104	2.4		2.8	2.8	7.3		7.3	<0.02		<0.02	30		33
	BL2	1190			1220	0.0105		0.0116	2.7		2.9	2.9	7.1		7.5	<0.02		<0.02	33		32

muntille 7.62 mm	code	gewicht in gram	element dogen	Al		Cr		Cu		Pb	
				3	6	3	6	3	6	3	6
			eenheid	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
	AG1	24.5		-0.02		0	63			1.6	
	AG2	44.2		-0.02		0	45			1.6	
	AG3	86.2	-0.03	-0.01	0	0	184	170	5.0	0.9	0.2
	AG4	142.3	-0.04		0	0	166			0.9	
	AGV	67.9	-0.03	-0.01	0	0	139	16	138	4.9	2.2

[illegible][illegible]